開放系の揺ぎと局所平衡の仮定

九大理　　蔵 本 由 紀

開放系，特に不安定性に伴う非平衡定常系の揺ぎについては多大な関心が持たれている。この場合まず対象とする系を限定する必要がある。ここでは流体方程式のような巨視的運動法則を適当な境界条件の下に解くことによって把握できるような現象，例えば非線型熱伝導，Bénard 問題，層流の不安定性，非線型化学反応等をひとまず考えることにする。さてこのような巨視的運動法則は局所平衡の成立を前提としているが，理論がコンシステントであるためには局所的な状態変数の揺ぎの確率分布がアインシュタイン公式 $P \sim \exp(\delta^2 S/2k_B)$ を良い近似で満たしていなければならない。しかるに不安定点の近傍では巨視的変数の揺ぎは異常に増大すると考えられる。この二つの事柄が矛盾しないための物理的条件は何か？　少くとも非線型化学反応の場合これを明らかにできることを示す。着目する化学物質がほぼ完全気体である場合，局所的な分子数の揺ぎがポアッソン分布に従っていなければ，局所平衡の仮定（この仮定を用いて濃度の時間発展が記述される）とコンシステントではない。局所的なポアッソン分布の成立がなぜ全粒子数の異常なゆらぎ，つまり長距離のコヒーレンスをもたらしうるのかは拡散の過程をあらわに考慮することによってはじめて正しく理解できる。ここでは化学反応のストカスティック模型を局所的に採用してこれらの事情を明らかにする。明らかになった事 (1) 拡散は二重の役割をもっている，即ち(a)完全気体でありながら分子濃度の空間的相関をもたらす，(b) しかるに拡散係数が増大すると短距離相関は消失し，局所的にアインシュタイン公式の成立をもたらす。(2) 上記のストカスティック模型は不等式 $r/\ell_f \lll \sqrt{\tau_1/\tau_2}$ が満足されるときのみ自己矛盾を含まない模型になりうる。ここに，r = 着目する化学気体の分子間平均距離，ℓ_f = 同じく平均自由距離，τ_1 = reactive (or inelastic) collision に関する平均自由時間，τ_2 = elastic collision に関する平均自由時間。

上の条件がみたされるとき，局所的にストカスティック模型を採用してよいような半巨視的なセルの大きさ L を $r \ll L \ll \sqrt{\tau_1/\tau_2}\cdot\ell_f$ のようにとることができる。

同時に局所的なアインシュタイン公式と巨視変数の揺ぎの異常性とは何らむじゅんしない。(→ Prigogine の conjecture に対する批判)

北大理　　大 野 鑑 子

1. 電場揺動のモデル方程式と電場相関

プラズマ中の原子スペクトルのStark 巾は電場とその揺動によって生じる。原子からの反作用を無視するならば，空間固定点における電場の時間変化が判れば線形が求められる。平衡解にHoltzmark 分布 $f_0(\mathbf{E}) = \frac{1}{(2\pi)^3}\int e^{i\mathbf{E}\cdot\mathbf{k}} e^{-ck^{3/2}} d\mathbf{k}$ を与える，$\mathbf{k}$ 空間での分布関数に対する時間発展方程式 $\partial_t f(\mathbf{k}, t) = \Gamma f(\mathbf{k}, t)$ として

$$\Gamma \equiv g\sqrt{k}\,\nabla_k\left(\nabla_k^0 + \frac{3}{2}c\frac{\mathbf{k}}{\sqrt{k}}\right), \quad g, c \text{ 定数}$$

を考える。これは $f_0(\mathbf{k}) = e^{-ck^{3/2}}$ を固有値 0 の固有関数として持つ他，$\lambda_n = -\frac{9}{4}gc^2 n$，$n=1, 2, \cdots\cdots$ および $\mu_n = -\frac{9}{4}g c^2\left(n+\frac{2}{3}\right)$，$n=1, 2, \cdots\cdots$ を固有値として持ちどちらの固有関数も $x = ck^{3/2}$ を変数とするLaguerre の陪多項式によって表わされる。モデル電場の時間相関々数は

$$\langle \mathbf{E}(t)\mathbf{E}(0)\rangle \propto \left[\underset{\sim}{1} - \underset{\sim}{\left(\frac{\mathbf{k}}{k}\frac{\mathbf{k}}{k}\right)}\right](1-e^{-\alpha t})^{-\frac{1}{3}}\, e^{-\frac{2}{3}\alpha t}$$

$$\alpha = \frac{9}{4}gc^2$$

という形になる。